

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 8 月 18 日 (18.08.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
**WO 2005/076660 A1**

(51) 国際特許分類: **H04R 3/00**, 1/02, 1/32

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/002043

(22) 国際出願日: 2005 年 2 月 10 日 (10.02.2005)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2004-033966 2004 年 2 月 10 日 (10.02.2004) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機エンジニアリング株式会社 (MITSUBISHI DENKI ENGINEERING KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1020073 東京都千代田区九段北一丁目 13 番 5 号 Tokyo (JP). 本田技研工業株式会社 (HONDA MOTOR

CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1078556 東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).

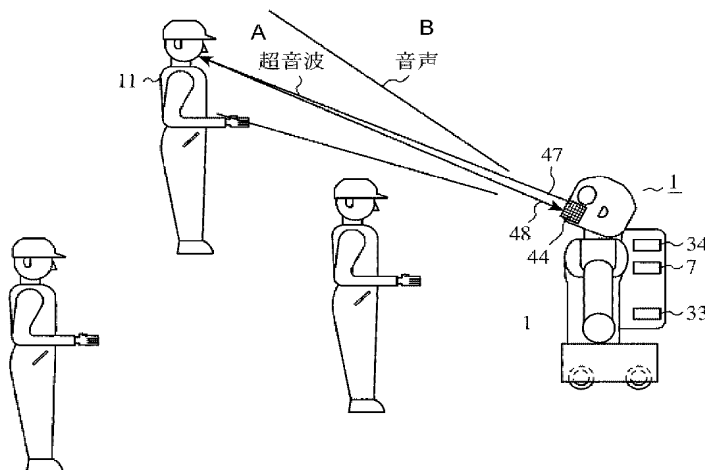
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 森 清文 (MORI, Kiyofumi) [JP/JP]; 〒1020073 東京都千代田区九段北一丁目 13 番 5 号 三菱電機エンジニアリング株式会社内 Tokyo (JP). 吉田 俊治 (YOSHIDA, Syunji) [JP/JP]; 〒1020073 東京都千代田区九段北一丁目 13 番 5 号 三菱電機エンジニアリング株式会社内 Tokyo (JP). 奥乃 博 (OKUNO, Hiroshi) [JP/JP]; 〒6048135 京都府京都市中京区東洞院三条下る三文字町 205-3 フォルム東洞院三条 1102 号 Kyoto (JP). 中臺 一博 (NAKADAI, Kazuhiro) [JP/JP]; 〒3510114 埼玉県和光市本町 8-1 株式会社ホンダ・リサーチ・インスティテュート・ジャパン内 Saitama (JP). 辻野 広司 (TSUJINO, Hiroshi) [JP/JP]; 〒3510114 埼玉県和光市本町 8-1 株式会社ホンダ・リサーチ・インスティテュート・ジャパン内 Saitama (JP).

[続葉有]

(54) Title: MOBILE BODY WITH SUPERDIRECTIVITY SPEAKER

(54) 発明の名称: 超指向性スピーカ搭載型移動体



A ULTRASONIC WAVE  
B SOUND

(57) Abstract: A superdirectivity speaker is mounted in a mobile body (1) which radiates from a radiator (44) an output signal generated by measuring the distance to an object (11) to which sound is supplied by means of an ultrasonic transmission sensor (45) and an ultrasonic reception sensor (46) and by adjusting the preset sound level by means of an amplifier (34) having a sound level adjusting function. Sound of magnitude most suitable only for a specific object can be transmitted by the parametric action. Thus a mobile body with a superdirectivity speaker can be provided.

[続葉有]

WO 2005/076660 A1



(74) 代理人: 田澤 博昭, 外(TAZAWA, Hiroaki et al.); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目 7 番 1 号 大東ビル 7 階 Tokyo (JP).

BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

規則4.17に規定する申立て:

— すべての指定国のための不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て (規則4.17(v))

添付公開書類:

— 国際調査報告書  
— 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE,

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 超音波発信センサ 4 5 と超音波受信センサ 4 6 を用い、音声提供する対象物 1 1 までの距離を計測し、設定している音声レベルを音声レベル調整機能付増幅器 3 4 にて調整した出力信号を放射器 4 4 から放射する移動体 1 に搭載し、パラメトリック作用により特定の対象物にのみ最適な音量の音声を伝達することができる超指向性スピーカ搭載型移動体とする。

## 明 細 書

### 超指向性スピーカ搭載型移動体

### 技術分野

[0001] この発明は、人物追跡機能を有した移動体に可聴音を指向性放射する超指向性スピーカを搭載した移動体搭載型音響装置に係るものである。

### 背景技術

[0002] 放射器の向いた方向に幅広く音声を伝達する無指向性スピーカは、従来から広く用いられていた。これに対し、パラメトリックスピーカの原理を利用して非常に高い指向性を実現した超指向性スピーカがある。このスピーカでは、強力な超音波が空気を伝播する過程で発生するひずみ成分を利用して可聴帯域の音を生成し、これを正面に集中して伝播させることで結果的に狭指向性を有した音を提供する。このようなパラメトリックスピーカには、例えば特許文献1に開示されるものがある。

[0003] また、視聴覚システムを搭載したロボットには、例えば特許文献2に開示されるものがある。この移動体聴視覚システムでは、対象物に対して視覚的及び聴覚的な追跡を行うためのリアルタイム処理を可能にするものである。なお、このシステムは、さらに視覚、聴覚、モータ等のセンサ情報を統合して、何らかの情報が欠落したとしても相互に補完することにより追跡を継続する技術も開示している。

[0004] 特許文献1:特開2001-346288号公報

特許文献2:特開2002-264058号公報

[0005] 従来の移動体に搭載したスピーカは指向性の低いスピーカであるために、音声は移動体周囲の不特定多数物に伝達していた。このため、音声情報を特定の限られた範囲に提供することができなかった。

また、超指向性スピーカの放射器からの音声提供方向が、一般的に放射器の正面20°の範囲のみであり、自動で音声提供方向へ放射器の正面方向を変える機能を有していなかった。

さらに、従来では、超指向性スピーカの放射器からの音声レベル調整は手動であり、音声提供位置に見合った音声レベル調整機能を有していなかった。

[0006] この他、指向性の低いスピーカをロボットコミュニケーションシステムの発話デバイスに適用した場合、発話中に他の音源からの音声を認識することが困難であるという課題がある。具体的に説明すると、話し相手の人物などの他の音源に比べれば、ロボットのマイクロホンは、ロボットの駆動モータに近い位置に設置される。これにより、モータノイズの絶対パワーが他の音源に比べて小さい場合であってもマイクロホンが收音するモータノイズのパワーは相対的に大きくなってしまい、音声認識に影響を与えることになる。

[0007] これに加えて、指向性の低いスピーカでは、対話を行う相手に音声が届くように出力するため、出力パワーがモータノイズのパワーに比べて大きくなる。このようなロボット側が出力した音声は、相手からの音声を認識する際のノイズとなるため、結果的に信号対雑音(S/N)比が小さくなり、音声認識が困難となる。このため、従来では、発話中は聴覚機能をオフにしたり、ロボットのマイクロホンではなく、ヘッドセットなどを用いて発話者の口元にマイクロホンを設置することによって相手からの音声を認識していた。

[0008] この発明は上記問題点を解決する為になされたもので、移動する音声提供物へ確実に音声を伝えると共に、音声提供物の方向に最適の音量の音声情報を提供することができる超指向性音響システムを得ることを目的とする。

また、この発明は、同時対話機能及び秘匿性の高いささやき機能を実現したロボットコミュニケーションシステムを構成する超指向性スピーカ搭載型移動体を得ることを目的とする。

## 発明の開示

[0009] この発明に係る超指向性スピーカ搭載型移動体は、可聴音信号源からの入力電気信号によって超音波のキャリア信号を変調する変調器と、変調器の出力信号を放射する放射器を備えるものである。このことによって、移動体からの音声を超指向性スピーカから発信することにより、特定の聴衆に特定の音声を提供することができるという効果がある。

[0010] また、この発明に係る超指向性スピーカ搭載型移動体は、音検出手段と、音声を発する対象物の方向を検出する対象物方向検出手段と、対象物方向検出手段により

認識した対象物に放射器が対向するように制御する放射器方向制御手段とを備えるものである。この構成によって、音声を検出し情報を伝える対象物の方向を検出して放射器が向かう方向を制御することで、移動する対象物にも確実に音声を伝えることができる。

[0011] この発明に係る超指向性スピーカ搭載型移動体は、複数の超音波振動素子を備えた放射器と、複数の超音波振動素子のうち少なくとも1つがそれぞれ受信、発信センサとして使用可能であるものである。このことによって、放射器と情報を伝える対象物までの距離を正確に計測でき、本移動体の製品をコンパクトなサイズで実現することができる。

[0012] この発明に係る超指向性スピーカ搭載型移動体は、放射器から伝達する音声レベルを調整する音声レベル調整手段と、超音波振動素子から出力した超音波の対象物における反射波の受信信号に基づいて対象物までの距離を測定する距離検出手段とを備え、音声レベル調整手段は、距離検出手段の出力に応じて音声レベルを調整するものである。この構成により、対象物までの距離を考慮した最適な音量で音声情報を伝えることができる。

[0013] この発明に係る超指向性スピーカ搭載型移動体は、距離検出手段の出力に応じて音声レベル調整手段による音声レベルのゲイン調整を制御する自動ゲイン制御手段を備えるものである。この構成を有することにより、ノイズとなる出力超音波の反射波を抑制できることから、対象物のみに音声を伝達するささやき動作や同時対話を適切に実行できる。

[0014] この発明に係る超指向性スピーカ搭載型移動体は、音検出手段が検出した音声の認識及び放射器から伝達する音声信号を生成する音声認識及び生成手段を備えるものである。このことによって、音声情報を対象物に送りながら、対象物からの音声を受信し認識する同時対話を実現することができる。

#### 図面の簡単な説明

[0015] [図1]この実施の形態1の移動体の正面図である。

[図2]この実施の形態1の移動体の側面図である。

[図3]この発明の実施の形態1の超指向性スピーカの構成を示す図である。

[図4]この実施の形態1の全体システム図である。

[図5]この発明の実施の形態1の対象物追従システムを説明する図である。

[図6]この発明の実施の形態1の移動体による対象物までの距離の測定処理を説明する図である。

[図7]超指向性スピーカと無指向性スピーカの指向性を計測した結果を示す図である。

[図8]この発明の実施の形態2による超指向性スピーカ搭載型移動体の構成を示すブロック図である。

[図9]図8のシステムの動作例を示す図である。

[図10]同時対話機能の評価試験を説明する図である。

[図11]図10に示す設定でマイクロホン位置及び音源用スピーカ位置での音声パワーを計測した結果を示す表である。

[図12]孤立単語認識処理の結果を示すグラフである。

### 発明を実施するための最良の形態

[0016] 以下、この発明をより詳細に説明するために、この発明を実施するための最良の形態について、添付の図面に従って説明する。

#### 実施の形態1.

図1は、この実施の形態1の移動体の正面図、図2は、この実施の形態1の移動体の側面図である。図1において、人型移動体1は、脚部2と、脚部2上にて支持された胴体部3と、胴体部3上に可動に支持された頭部4とを有している。

脚部2は下部に複数の車輪21若しくは車輪のみでなく複数の脚移動手段を備え、移動可能となっている。胴体部3は、脚部2に対して固定支持されている。頭部4は胴体部3と連結部材5を介して連結されており、この連結部材5は、矢印Aに示すように胴体部3に対し鉛直軸に対して回転可能に支持されている。また、頭部4は連結部材5に対して、矢印Bに示すように上下方向に揺動可能に支持されている。

胴体部3の背面には詳細には、後述する音声レベル調整機能付増幅器34、放射器方向制御手段7、変調器33等が搭載されている。

[0017] ここで、頭部4は、全体が防音性の外装41により覆われていると共に、両側にロボッ

トの聴覚装置としての一对のマイクロホン43を備えている。マイクロホン43は、それぞれ頭部4の側面において、前方に向かって指向性を有するように取り付けられている。

[0018] パラメトリックスピーカは、人には聞こえない超音波を利用し、強力な超音波が空気を伝播する過程でひずみ成分が発生し、そのひずみ成分を利用することによって可聴帯域の音を得る原理(非線形性)を採用している。可聴音を得るための変換効率は低い、音放射方向の狭いエリアにビーム状に音が集中するという「超指向性」を呈する。

[0019] なお、従来から広く扱われていた指向性の低いスピーカでは、いわば裸電球の光のように、背面を含む広いエリアに音場を形成する。このため、音場を形成させるエリアをコントロールすることが出来ない。これに対して、パラメトリックスピーカなどの超指向性スピーカでは、あたかもスポットライトのように聞こえるエリアを限定することが可能となっている。本実施の形態においては、例えば音軸上約20°の指向性を有して音を提供することが可能となっている。

[0020] 図3に示すように、本実施の形態1によるスピーカシステムは、対話制御部32と、対話制御部32からの入力電気信号によって超音波のキャリア信号を変調する変調器33と、変調して得られた信号を増幅する音声レベル調整機能付増幅器34と、増幅された信号を音波に変換する放射器44とから構成されている。

[0021] 放射器44には、超音波振動子を使った超音波発信センサ45及び超音波受信センサ46が設けられている。超音波発信センサ45は、矩形波の交流電圧を加えると固有振動数の超音波47を発信する。発信された超音波は、音声提供する対象物11で反射されて超音波受信センサ46に反射波48として受信される。このとき、発信と受信との時間差を計測し、その時間から音声提供する対象物11までの距離情報を得る。この対象物11までの距離に基づいて、音声レベル調整機能付増幅器34が、設定している音声レベルを調整する。

[0022] ここで、パラメトリックスピーカを駆動するためには、音声信号の大小に応じて超音波を放射する変調器が必要である。この変調器は、変調のプロセスを信号が忠実に抽出でき、また細かな調整が容易に行えることから、デジタル処理用の包絡変調器が

好適である。

- [0023] 図4は、実施の形態1による移動体の制御システムの全体図である。図4において、本実施の形態による制御システムは、ネットワーク100、ネットワーク100と接続された聴覚モジュール300、モータ制御モジュール400、距離測定モジュール700、車輪駆動モジュール800から構成されている。
- [0024] 詳細には、従来技術である特許文献1を参照すると良いが、聴覚モジュール300は、マイクロホン43と、ピーク抽出部、音源定位部、聴覚イベント生成部から構成されている。
- [0025] 聴覚モジュール300は、マイクロホン43からの音響信号に基づいて、ピーク抽出部により左右のチャンネル毎に一連のピークを抽出して、左右のチャンネルで同じか類似のピークをペアとする。ここで、ピーク抽出は、パワーが閾値以上で且つ極大値であって、例えば90Hz乃至3kHzの間の周波数であるという条件に合致するデータのみを通過させる帯域フィルタを使用することにより行なわれる。この閾値は、周囲の暗騒音を計測して、さらに感度パラメータ、例えば10dBを加えた値として定義される。
- [0026] そして、聴覚モジュール300は、各ピークが調波構造を有していることを利用して、左右のチャンネル間でより正確なピークを見つけ、調波構造を有する音を抽出する。これにより、聴覚モジュール300は、抽出した各音について、音源定位部により左右のチャンネルから同じ周波数の音響信号を選択して両耳間位相差を求めて音源を定位する。聴覚モジュール300は、この定位情報及びその抽出時刻からなる聴覚イベント300aを生成し、ネットワーク100を介して対話制御部32に送信する。
- [0027] モータ制御モジュール400は、モータ401及びポテンシオメータ402と、PWM制御回路、AD変換回路及びモータ制御部と、モータイベント生成部とから構成されている。
- [0028] モータ制御モジュール400では、対話制御部32からの動作命令32aに基づいて、モータ制御部によりPWM制御回路を介してモータ401を駆動制御する。同時に、モータ制御モジュール400は、モータの回転位置をポテンシオメータ402（またはエンコーダ等の角度検出器でもよい）に検出して、AD変換回路を介してモータ制御により移動体方向を抽出する。この抽出結果に基づき、モータイベント生成部は、モータ方



向情報とその方向抽出時刻からなるモータイベント400aを生成し、ネットワーク100を介して対話制御部32に送信する。

[0029] 距離測定モジュール700は、対象物との距離を測定する構成部である。距離測定モジュール700では、超音波発信センサ45からの超音波の発信を制御し、超音波受信センサ46への超音波の受信までの時間を計測することにより対象物までの距離を計測する。また、距離測定モジュール700は、対象物までの距離に合った音声レベルが予め設定されており、計測した距離に見合った音声レベル設定信号を音声レベル調整機能付増幅器34へ出力する。対話制御部32は、聴覚イベント300a、モータイベント400a、車両位置イベント800aを取得し、対象話者の方に向くようにロボットの方法を制御する動作命令32a、32bをモータ制御モジュール400及び車輪駆動モジュール800へそれぞれ送信する。ロボットの方向が目的方向を向いたことを確認した後、対話制御部32は、対象物に出力する音声を生じて変調器33へ送信する。変調器33は、対話制御部32から送られてきた音声を変調し、指向性スピーカで出力できる形式の超音波に変換し音声レベル調整機能付き増幅器34へ出力する。

[0030] 音声レベル調整機能付増幅器34では、距離測定モジュール700からの信号により音声レベルを調整する。例えば、対象物までの距離が10mから5mに近づいたとき、距離測定モジュール700より-6dBとなる設定信号を音声レベル調整機能付増幅器34に出力する。この場合、音声レベル調整機能付増幅器34は、その設定信号を受けてボリュームを-6dBに設定する。車輪駆動モジュール800は、対話制御部32からの動作命令32bに基づいて車輪21を制御する。同時に、車輪駆動モジュール800は、車輪の走行距離、車輪回転角度をポテンショメータ(あるいは、オプティカルエンコーダ、あるいはジャイロ)より取得し、車両の位置及び向き情報に変換する。車輪駆動モジュール800は、抽出した車両の位置情報、向き情報、それらの抽出時刻からなる車両位置イベント800aを生成し、ネットワーク100を介して対話制御部32へ送信する。

[0031] また、移動体1の位置を移動しなくても、頭部4を水平方向に回転することにより、頭部4が対象物に向かう構成である場合、頭部4を水平方向に回転させるモータを制御し、対象物に向かうようにしてもよい。さらに、対象物が座っている場合や、身長差が

小さい若しくは大きい場合、段差のある場所にいる場合などのように、対象物の頭部の位置に放射器44が向かない場合であれば、移動体1の頭部4を上下方向に回転させるモータを制御して放射器44の向かう方向を制御する。このようにして、本実施の形態1では、対象物追跡システム12に同期して、放射器44が特定聴取者や特定エリアに対する指向角度が自動調整されて音を伝えるように構成されている。

[0032] 以下、上述した移動体1の使用例を説明する。移動体1に予め使用する場所についての情報を入力し、部屋のどの位置でどちらの方向から音がしたらどう移動するかを予め設定しておく。また、壁などの障害物などにより音源方向に人間が見つからない場合、移動体1は人間が隠れていると判断して、顔を探す行動(移動)をとるように対象物追従システムに予め設定しておく。

[0033] 例えば、図5に示すように、部屋に障害物Eがある場合、入場者を検出できないことがある。この場合、移動体1がAの位置で音源方向がBであることで入場者Cを発見できないとき、移動体1がDの方向へ向かうように車輪21のモータを車輪駆動モジュール800で制御するように設定しておく。このようなアクティブな行動により障害物Eなどによる視界の死角をなくすることができる。

[0034] また、放射器から放射された超音波は、壁等で反射すると、入射角度と反射角度が同角度で超音波が進む特徴を有している。この超音波の特徴を考慮して、移動体1を位置変更せずに、聴覚モジュール300により入場者Cの方向を特定して壁等の反射を使って入場者Cに音を伝えるようにしてもよい。

[0035] なお、入場者Cが部屋に入ってきた場合、入場者Cの声もしくはその他の音声を検出し、その音声のする方向に放射器が向かうように車輪21及び頭部4の位置を制御するモータを駆動する。

[0036] また、図6に示すように、本実施の形態1のシステムでは、対象物11を特定すると、距離測定モジュール700を制御して対象物11までの距離を測定する。この結果に基づき、超音波発信センサ45からの超音波の発信を制御し、発信された超音波の反射波を超音波受信センサ46が受信するまでの時間を計測することにより、距離が算出される。距離信号は、音声レベル調整機能付増幅器34へと入力される。なお、超音波発信センサ45を備えていない場合であれば、超指向性スピーカの搬送波を距離

検出用の超音波として使用してもよい。

[0037] 上記実施の形態において、放射器44を頭部4に設置した例について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、頭部4をモータにより回転、揺動可能な構成にせず、超指向性スピーカの放射器44の向きを可変に構成してもよい。また、放射器44の設置場所も、頭部4に限らず、移動体1のいずれの場所であっても良い。

[0038] さらに、上記実施の形態1では、放射器44を1つ設けた例について説明したが、放射器44を複数設け、放射器44の向きをそれぞれ別個に制御できるようにしてもよい。この構成とすることにより、複数の特定の人々だけにそれぞれ別個に音声を伝えることができるようになる。なお、上記実施の形態1では音声を扱う例を示したが、音楽を含む様々な音の送信にも使用できる。

[0039] 実施の形態2.

この実施の形態2では、本発明による超指向性スピーカ搭載型移動体を適用したロボットコミュニケーションシステムについて説明する。このロボットコミュニケーションシステムは、特に同時対話機能及びささやき機能を実現している。ここで、同時対話機能とは、発話中に音声を認識することで、話し相手の人物との間で話しながら聴くという処理を行う機能である。また、ささやき機能とは、ささやくように特定の相手のみに音声で情報を伝える機能をいう。このような同時対話機能及びささやき機能は、超指向性スピーカを利用することにより実現される。

[0040] 先ず、超指向性スピーカの特性について説明する。

図7は、超指向性スピーカと無指向性スピーカの指向性を実際に計測した結果を示している。図7の上段は空気中を伝播する音の音圧レベルのコンター図であり、下段は音圧レベルの計測値を示す図である。図7の上段の図を比較すると明らかなように、無指向性スピーカは、図7(a)に示すように拡がって周辺空間に聞こえることがわかる。これに対し、超指向性スピーカの音は正面に集中して伝播している。このように、超指向性スピーカは、超音波を搬送波として利用しているため、非常に指向性が高い。これにより、特定の相手に対してのみ音声を伝えるささやき機能を実現することができる。

[0041] また、図7(b)の上段に示すように、空気中の非線形性が有効になるまでにある程

度音波が空気中を進む必要があるため、可聴音が、スピーカユニットから0.5-1.0 m離れたところから発生している。つまり、スピーカユニットから0.5m以内には、可聴音がほとんど発生しないことを示している。これは、相手からの音声を認識する際のノイズがほとんど発生していないことを示しており、信号対雑音(S/N)比が大きくなることから、超指向性スピーカを用いることにより相手からの音声を容易に認識できることがわかる。

[0042] 図7の下段に示す音圧レベルの計測は、3m×5mの大きさで残響時間が0.08秒程度の部屋で計測している。また、騒音計を計測対象のスピーカから1.0mの距離に設置した。音圧は、スピーカの正面方向を0°として±90°の範囲で10°おきに計測した。計測の指標には、人間の聴覚の感度に近くなるように周波数ごとのパワーの重み付けを行っているdBAを用いている。

[0043] 図7(b)の下段に示すように、超指向性スピーカでは、指向性を向けた方向に対して約20dBAのパワー増加がみられた。なお、図7(b)の下段からも明らかなように、超指向性スピーカの音圧は、横方向では不安定である。これは、超音波を搬送波として利用するため、信号の減衰率が小さく、壁、床、天井での反射波が一定のパワーを保ったまま、ロボットのマイクロホンに届いてしまったことに起因する。

[0044] 従って、ビーム形状の高い指向性が得られる超指向性スピーカを単に用いるだけでは、音声認識に支障を来すおそれがある。そこで、本実施の形態2では、話しながら聴くという同時対話機能を実現するため、後述するように搬送波のゲインをコントロールする。

[0045] 図8は、この発明の実施の形態2による超指向性スピーカ搭載型移動体の構成を示すブロック図であり、本発明による超指向性スピーカ搭載型移動体を適用して人物との対話を実行するロボットコミュニケーションシステムを構成した場合を示している。このシステムは、移動体1を具現化したヒューマノイドロボット(以下、ロボット1と適宜称する)、指向性スピーカ制御部49、自動ゲイン制御部50、音声認識及び生成部51を含んで構成される。ロボット1本体内部に通常の無指向性スピーカを実装し、ロボット1の頭部には、図1で示したように、左右の耳の位置に一对のマイクロホン43を備えている。また、口の位置には、超指向性スピーカを構成する放射器44及び超音波

受信センサ46を実装している。なお、指向性スピーカ制御部49、自動ゲイン制御部50、音声認識及び生成部51は、本実施の形態2によるシステムを構成するコンピュータに実行させるプログラムのモジュールとして具現化することができる。

[0046] 指向性スピーカ制御部49は、変調器33、音響レベル制御部34a、スピーカ増幅部34bから構成される。変調器33は、入力可聴音gによって変調した超音波の搬送波hを音響レベル制御部34aに出力する。搬送波hの周波数は、音質、音量の面で最もパフォーマンスのよい40kHz近辺に設定した。音響レベル制御部34aでは、自動ゲイン制御部50からのコマンドeに従って搬送波のゲインを制御する。音響レベル制御部34aの出力は、スピーカ増幅部34bへの信号iと自動ゲイン制御部50への信号jとして双方にそれぞれ送られる。

[0047] 自動ゲイン制御部50に送られた超音波信号jは、対象物までの距離を推定するためのリファレンス用信号として用いられる。スピーカ増幅部34bで増幅された超音波信号kは、頭部の口の位置に構成された超指向性スピーカに送られ、放射器44を介して出力される。自動ゲイン制御部50は、超音波受信センサ46によって取得した距離情報に基づいて可聴音が目的の人物のみに届くように超音波のパワーを制御する。人物までの距離は、音響レベル制御部34aからの超音波信号jと超指向性スピーカ内に実装されている超音波受信センサ46からの信号cとの時間差を利用して推定する。ここで、以下にゲイン制御アルゴリズムを示す。

1. インパルス信号fを自動ゲイン制御部50から指向性スピーカ制御部49の変調器33に一定時間(例えば、100ms)毎に出力する。但し、自動ゲイン制御部50が、音声認識及び生成部51からの発話イベントdを受け取った場合は、その内容に応じて出力をオンオフする。
2. インパルス信号fによって変調された超音波hが、指向性スピーカ制御部49の変調器33により生成され、音響レベル制御部34aを介して自動ゲイン制御部50にリファレンス信号jとして送られる。また、この変調信号は、同時に、音響レベル制御部34a及びスピーカ増幅部34bを経由して超指向性スピーカにも送られて超音波として出力される。
3. この超音波がロボット1の前にいる人物によって反射してなる超音波の反射信号c

を超音波受信センサ46により受信し、自動ゲイン制御部50が、この反射信号cとリファレンス信号jとを同時に一定のサンプリングレート(例えば、192kHz)で取り込む。

4. 自動ゲイン制御部50が、リファレンス信号j及び反射信号cについてのインパルス信号fの立ち上がり時刻 $\tau_1$ 、 $\tau_2$ をリファレンス信号jと反射信号cからゼロクロス法により抽出する。ロボットと人物との間の距離Dは、図3に示す距離測定モジュール700が、自動ゲイン制御部50によるインパルス信号fの立ち上がり時刻 $\tau_1$ 、 $\tau_2$ の抽出結果と音速 $v$ (340m/s)とを用いて、例えば下記式(1)を用いて算出する。

$$D = (\tau_2 - \tau_1) \times v \quad \dots (1)$$

5. 推定された距離Dに応じて、自動ゲイン制御部50が最適なゲイン値を選択する。最適値は予め所定の間隔(例えば、1m)で実験的に得た値である。最終的に、選択されたゲイン値を設定するコマンドeが自動ゲイン制御部50から音響レベル制御部34aに出力される。

[0048] また、音声認識及び生成部51では、マイクロホン43で収音した音声を認識したり、超指向性スピーカ若しくは無指向性スピーカへの音声信号b、kを送出する。超指向性スピーカから音声出力する場合、音声認識及び生成部51からの音声信号は、指向性スピーカ制御部49を経由して指向性の高い超音波の音声信号kとなり、超指向性スピーカから出力される。一方、無指向性スピーカから音声出力する場合は、音声認識及び生成部51から無指向性スピーカへ音声信号bが送信される。

[0049] なお、音声認識及び生成部51における音声認識エンジンは、既存のものを使用した。超指向性スピーカからの音声出力の開始/終了時には、それぞれ距離測定処理をオフオンする発話イベントdを自動ゲイン制御部50に送信する。

[0050] 次に、上述のゲインコントロールを実行してささやき機能の評価試験を行った結果について説明する。

図9は図8のシステムの動作例を示す図である。この試験では、「今日は晴れですよ」という文例による音声を、図8で示したロボット1に実装した無指向性スピーカ及び超指向性スピーカからそれぞれ出力し、図9の左図に示す計測室(大きさ3m×5m)におけるA〜Dの各地点で計測している(1kHzでの残響時間0.08秒)。図9の中図と右図には、無指向性スピーカ及び超指向性スピーカから上記文例の音声をそれぞれ

れ出力した場合の各地点A〜Dにおける計測結果の音声波形を示している。また、図9の左図の波形は、発声「今日は晴れですよ」の元波形である。

[0051] 図9の中図と右図に示すA地点とC地点の計測結果を比較すると、超指向性スピーカでの計測結果ではC地点でのみ可聴音が存在しており、高指向性を保ちつつ、ゲインコントロールもうまく働いていることがわかる。つまり、C地点の話し相手のみに音声伝えられており、他の地点では可聴音がほとんどなく、秘匿性の高いささやき機能が実現されている。

[0052] 次に、上述のゲインコントロールを実行して同時対話機能の評価試験を行った結果について説明する。

同時対話の評価設備として、図10に示すように、計測室内で、話し相手の人物を想定した音源用スピーカ52を、図8に示したロボット1の正面1mの位置に設置した。計測室の残響時間は、1kHzで0.08秒である。実験は、音素バランス単語216語を下記の3つの条件で音源用スピーカ52から出力して孤立単語認識を実行した。

(1) 超指向性スピーカから音声を同時に出力する。

(2) 超指向性スピーカから音声を同時に出力する。但し、出力ゲインは音源用スピーカ52の位置に立っているユーザのみに伝わるように最適にゲイン制御する。

(3) ロボット1内部の無指向性スピーカから同時に音声を出力する。但し、出力パワーは、音源用スピーカ52の位置で条件(2)と同じパワーになるように制御する。

[0053] 図11は、上述した各条件(1)〜(3)で音源用スピーカ52から音声を出力しない場合、つまり超指向性スピーカ若しくは無指向性スピーカからのみ音声を出力した場合のロボット1のマイクロホン43の位置(耳の位置)、及び音源用スピーカ52の位置での音声のパワーを示している。図11からわかるように、超指向性スピーカから出力される音声のパワーは、無指向性スピーカの場合と異なり、音源用スピーカ52の位置よりマイクロホン43の位置(耳の位置)の方が小さい。

[0054] なお、音源用スピーカ52からの出力は、70dBAから90dBAまで5dBA刻みで変更した。また、ロボット1の耳の位置に音源用スピーカ52から出力された音声到達するまでに15dBAの減衰がみられる。このため、耳の位置での音声パワー変化は、55dBAから75dBAまでとなる。音声認識用の音響モデルは、ロボット1の電源をオ

ンにしてロボット1以外の騒音源がない状態で、音源用スピーカ52から音素バランス単語216語の音声を出し、ロボット1のマイクロホン43で収録した各音声を既存の音声認識アルゴリズムによる処理で取得した。

[0055] 図12は、上述した孤立単語認識処理の結果を示すグラフである。図において、横軸は音源用スピーカ52から出力される音声のパワー(dBA)であり、縦軸は孤立単語正解率(%)を示している。符号Aを付した三角形のプロットを繋いだ曲線は、上述した条件(2)における処理結果である。また、符号Bを付した四角形のプロットを繋いだ曲線は、上述した条件(1)における処理結果で、符号Cを付した丸形のプロットを繋いだ曲線は、上述した条件(3)における処理結果である。図12から明らかなように、認識結果は、最適なゲイン制御を行った条件(2)によるものが最も良く、ついで条件(1)のゲイン制御を行わない超指向性スピーカによるものが続き、条件(3)の無指向性スピーカによる結果が最も認識結果が悪かった。

[0056] 音声のパワーが90dBAである場合、超指向性スピーカの単語正解率は、約90%に達し、無指向性スピーカでは約80%程度であった。また、無指向性スピーカによる音声認識結果は、音源用スピーカ52の音声出力が80dBA以下の場合、急激に悪化している。一方、超指向性スピーカでは、音源用スピーカ52の音声出力が70dBAにまでなると同様の傾向がみられた。

[0057] 図11に示されるように、最適にゲイン制御した超指向性スピーカと無指向性スピーカとでは、双方とも音源用スピーカ52の位置で同程度の音声出力レベル(双方とも62dBA)である。しかしながら、図12に示されるように、孤立単語認識率には大きな差がみられ、最大で40%以上(音源用スピーカ52の音声出力が80dBAのとき)になっている。また、音源用スピーカ52の位置で、ゲイン制御しなかった超指向性スピーカの出力(70dBA)の方が、無指向性スピーカからの出力(62dBA)より大きいにもかかわらず、超指向性スピーカでの孤立単語認識率の方が高い。このように、同時対話機能を実現する発話デバイスを構築するにあたり、超指向性スピーカの方が無指向性スピーカよりも性能が良いことがわかる。

[0058] また、図12において音源用スピーカ52の出力が70dBAまで低下すると、超指向性スピーカでの孤立単語認識率が悪化した。これは、暗騒音のためだと考える。ロボ



ット1の耳の位置での音声パワーは、音源用スピーカ52の出力が70dBAである場合に55dBAである。一方、図11によれば、ロボット1の電源オン時の暗騒音も55dBAである。これは、S/N比が0dBであることを示しており、暗騒音が強く音声認識結果に影響していることが考えられる。

- [0059] 以上のように、超指向性スピーカを用い、その出力を適切にゲイン制御することにより、特定のエリアのみに音声を伝える秘匿性の高いささやき機能を実現することができ、さらに音声認識におけるノイズとなる超音波の反射波の発生を抑制できることから、話しながら聴くという同時対話機能も実現することができる。

#### 産業上の利用可能性

- [0060] 以上のように、この発明に係る超指向性スピーカ搭載型移動体は、可聴音信号源からの入力電気信号によって超音波のキャリア信号を変調する変調器と、変調器の出力信号を放射する放射器を備えるものであり、視聴覚システムを搭載したロボットなどに用いるのに適している。

### 請求の範囲

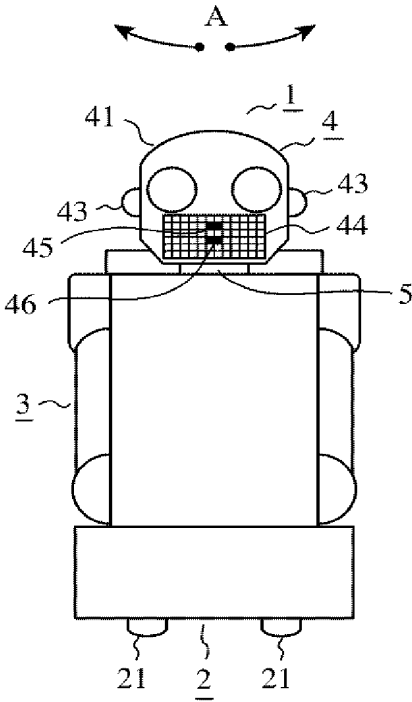
- [1] 可聴音信号源からの入力電気信号によって超音波のキャリア信号を変調する変調器と、前記変調器の出力信号を放射する放射器とを備えた超指向性スピーカ搭載型移動体。
- [2] 音検出手段と、音声を発する対象物の方向を検出する対象物方向検出手段と、前記対象物方向検出手段により認識した対象物に放射器が対向するように制御する放射器方向制御手段とを備えたことを特徴とする請求項1記載の超指向性スピーカ搭載型移動体。
- [3] 放射器は、複数の超音波振動素子を備え、前記複数の超音波振動素子のうちの少なくとも1つから超音波受信センサ又は超音波発信センサを構成することを特徴とする請求項1記載の超指向性スピーカ搭載型移動体。
- [4] 放射器からの出力音声レベルを調整する音声レベル調整手段と、超音波振動素子から対象物へ超音波信号を送信し、この超音波信号の前記対象物での反射信号を受信するまでの時間関係を求め、この時間関係に基づいて前記対象物までの距離を測定する距離検出手段とを備え、前記音声レベル調整手段は、前記距離検出手段の出力に応じて音声レベルを調整することを特徴とする請求項3記載の超指向性スピーカ搭載型移動体。
- [5] 距離検出手段の出力に応じて音声レベル調整手段による音声レベルのゲイン調整を制御する自動ゲイン制御手段を備えたことを特徴とする請求項4記載の超指向性スピーカ搭載型移動体。
- [6] 音検出手段が検出した音声の認識及び放射器から伝達する音声信号を生成する音声認識及び生成手段を備えたことを特徴とする請求項5記載の超指向性スピーカ搭載型移動体。
- [7] 可聴音信号によって超音波のキャリア信号を変調した変調信号を伝達する超指向性スピーカを備えた超指向性スピーカ搭載型移動体の出力ゲインの制御方法において、  
前記超指向性スピーカを介して対象物へ超音波信号を送信し、この超音波信号の前記対象物での反射信号を受信するまでの時間関係を求めるステップと、

前記時間関係に基づいて前記対象物との距離を推定するステップと、

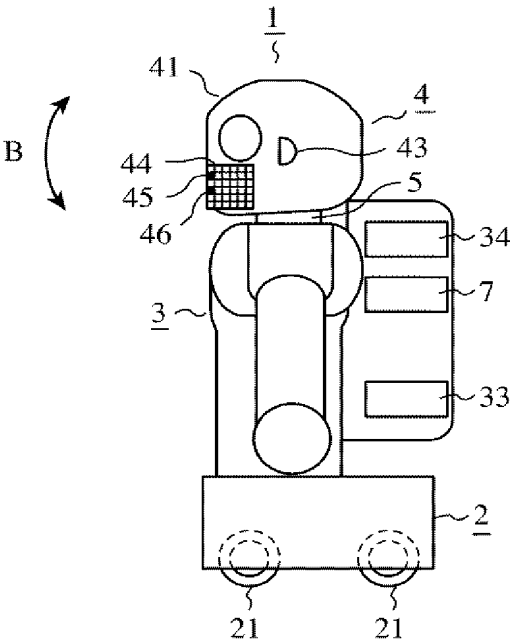
前記距離の推定値に応じて前記超指向性スピーカの音声出力が前記対象物に伝達されるようにそのゲイン値を決定するステップとを備えた出力ゲインの制御方法。

- [8] 可聴音信号によって超音波のキャリア信号を変調した変調信号を伝達する超指向性スピーカを備えた超指向性スピーカ搭載型移動体の制御システムとしてコンピュータを機能させるプログラムにおいて、前記超指向性スピーカの音声出力レベルを調整する音声レベル調整手段、前記超指向性スピーカを介して対象物へ超音波信号を送信し、この超音波信号の前記対象物での反射信号を受信するまでの時間関係を求め、この時間関係に基づいて前記対象物までの距離を測定する距離検出手段、前記距離検出手段の出力に応じて前記超指向性スピーカの音声出力が前記対象物に伝達されるように前記音声レベル調整手段による音声レベルのゲイン調整を制御する自動ゲイン制御手段として前記コンピュータを機能させるプログラム。

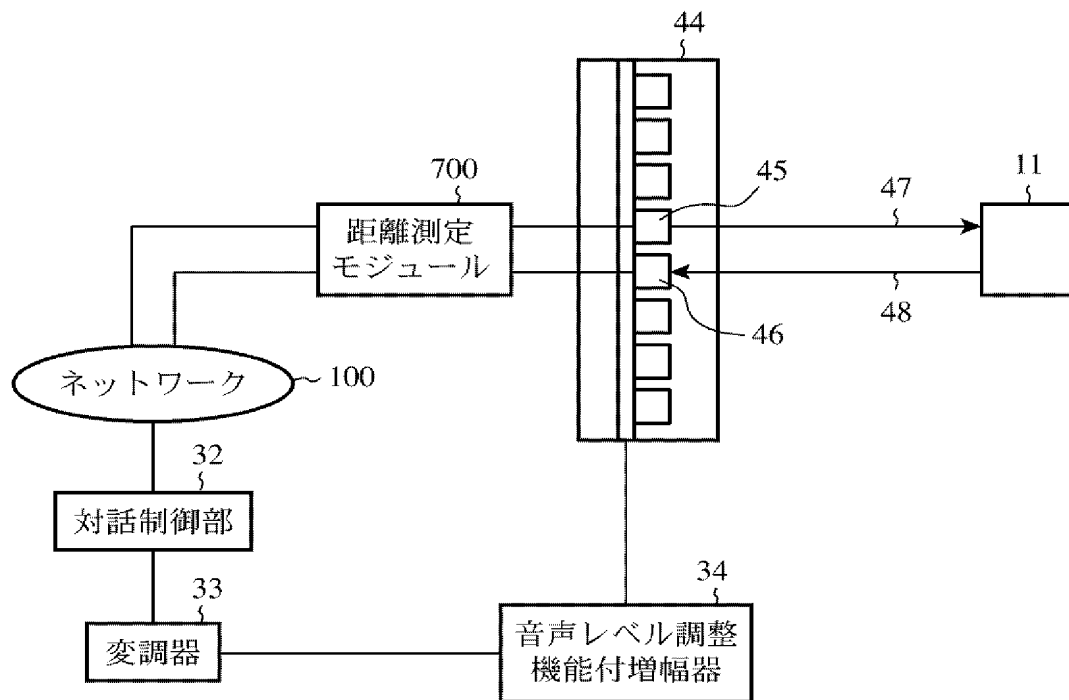
[図1]



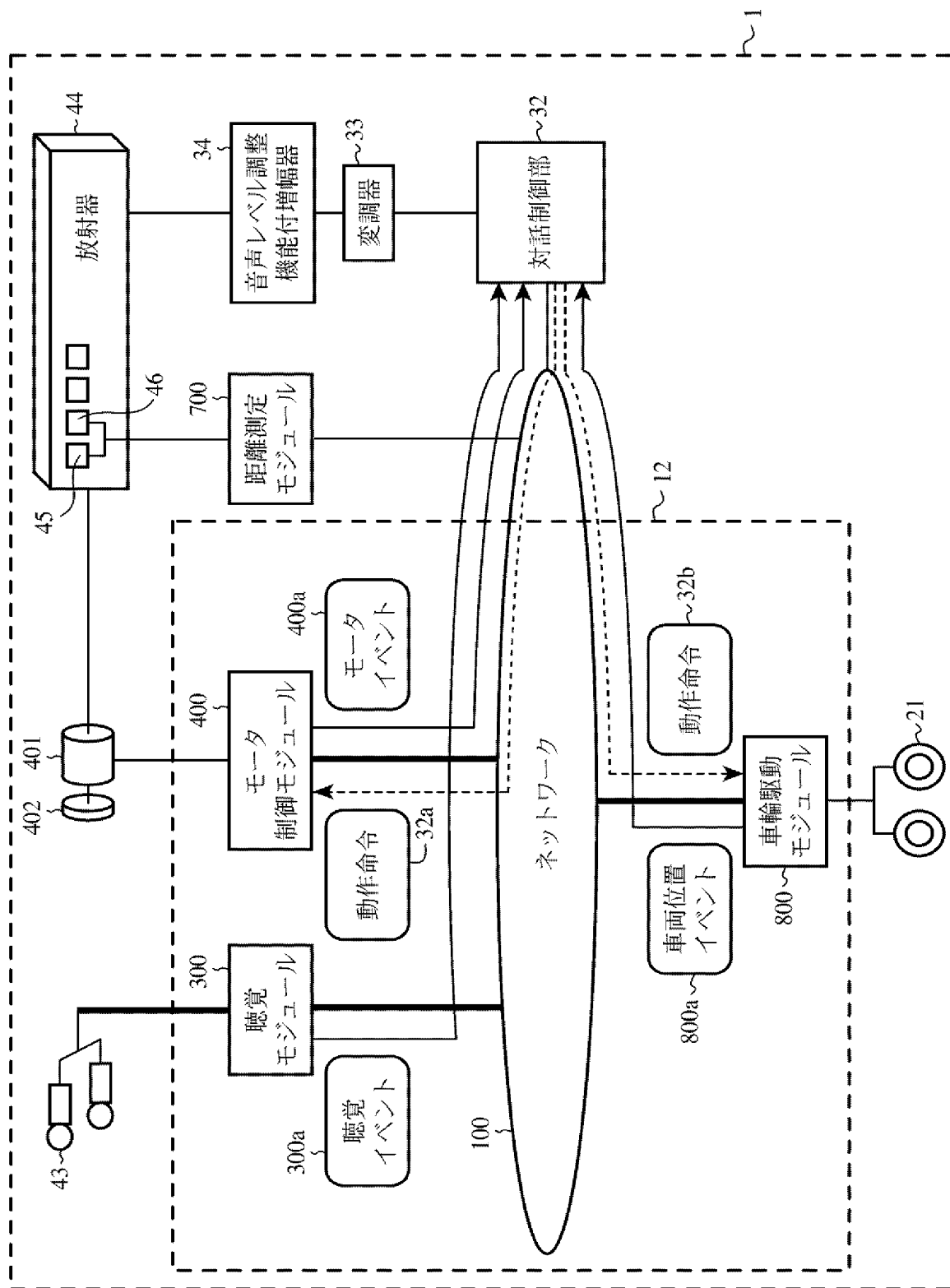
[図2]



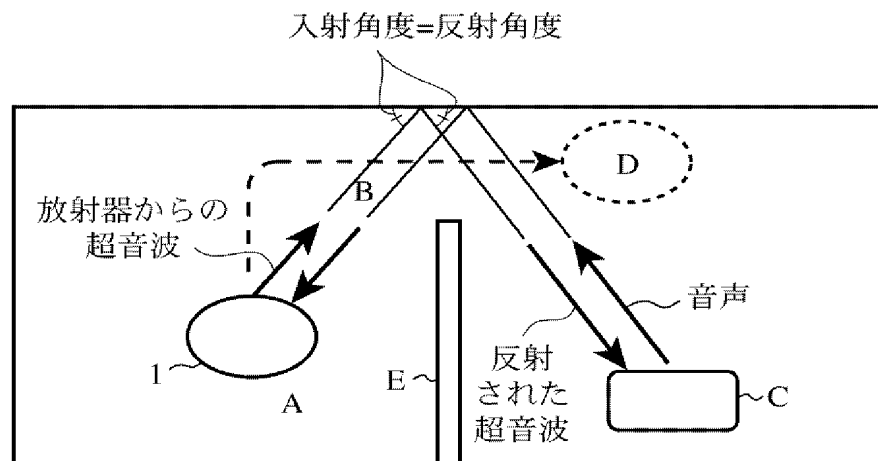
[図3]



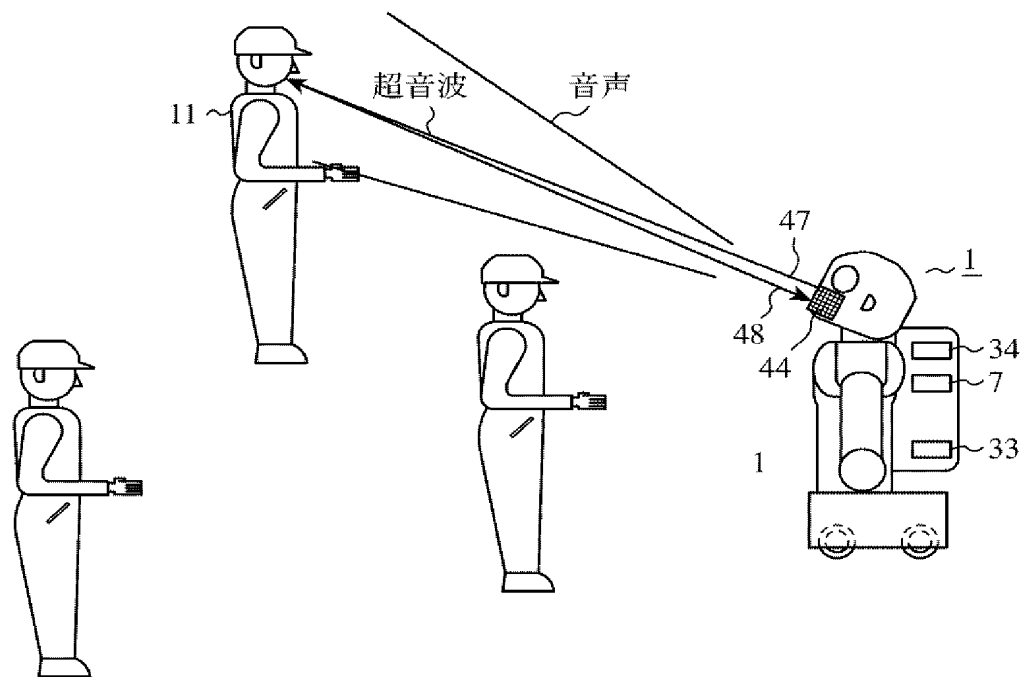
[図4]



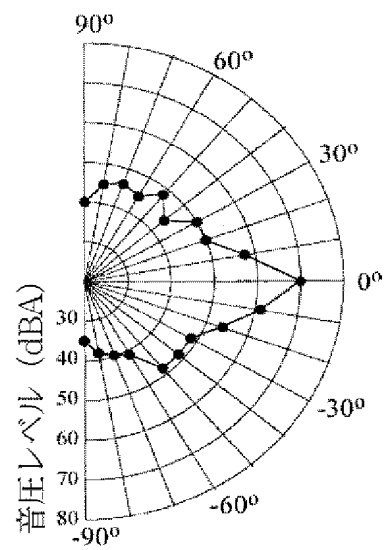
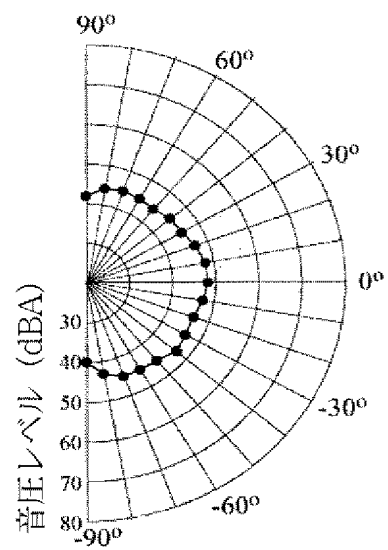
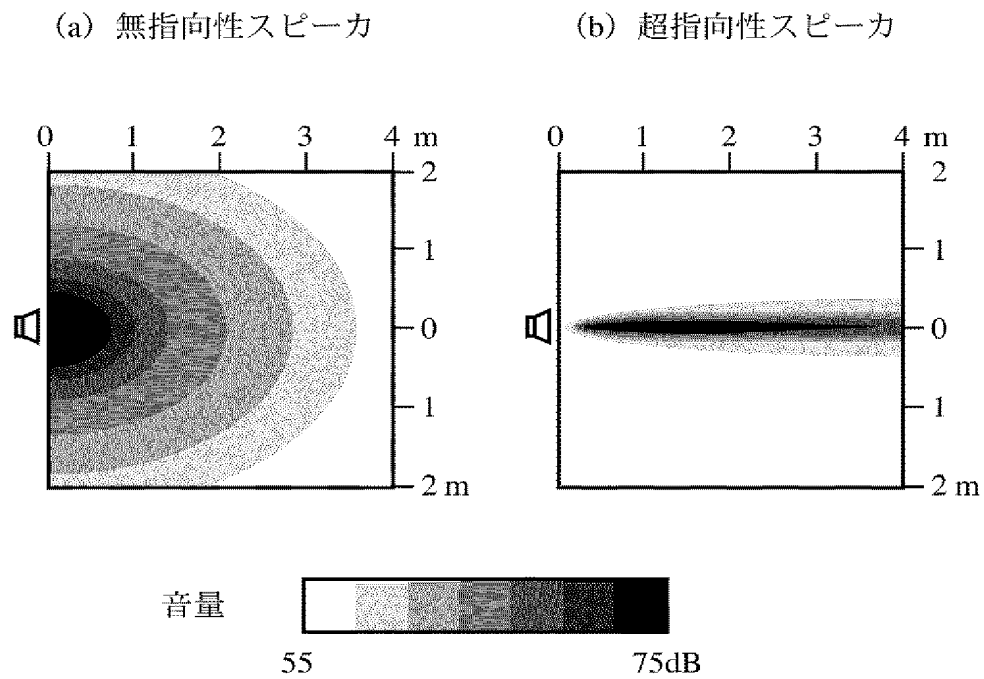
[図5]



[図6]

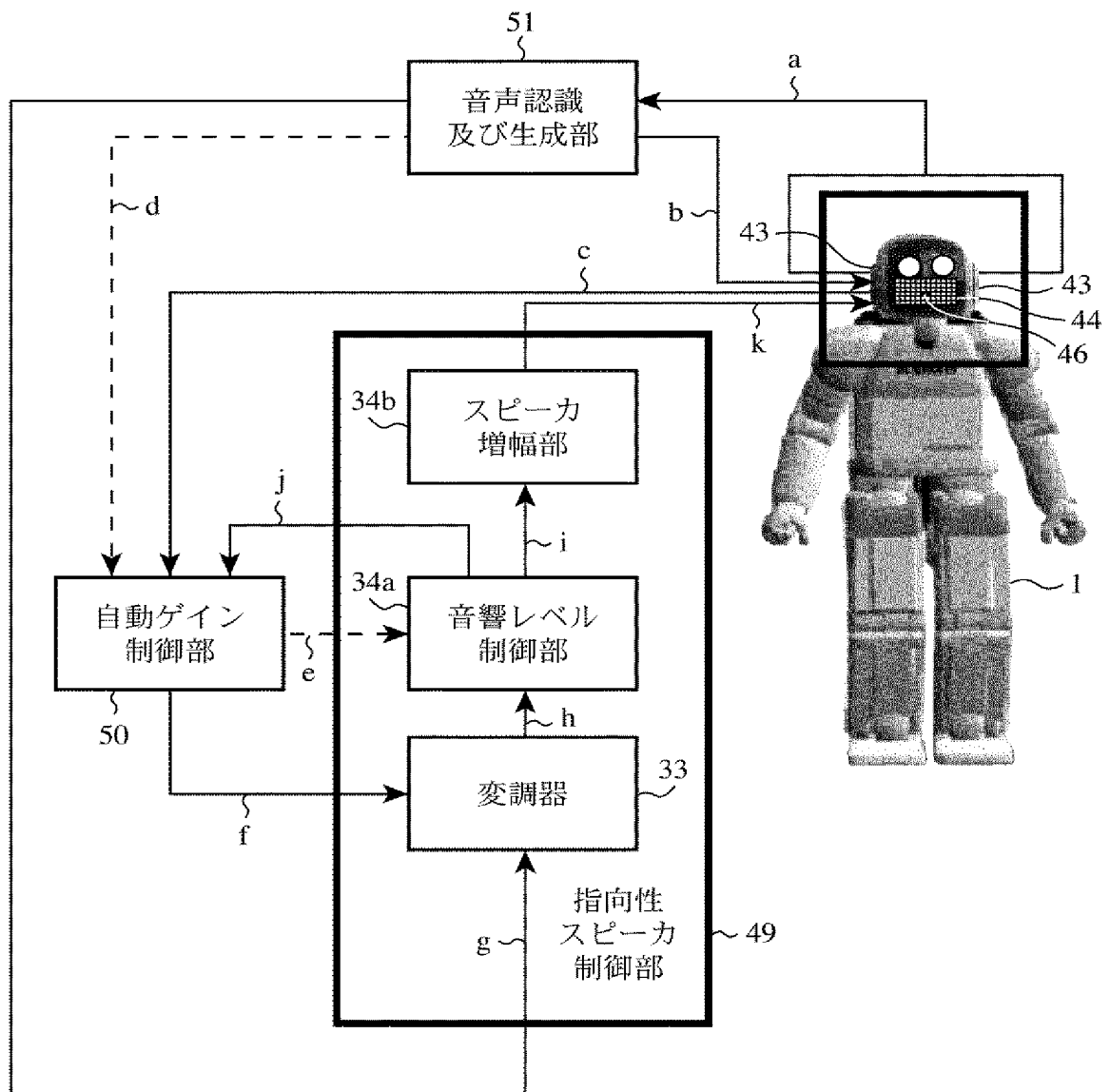


[図7]

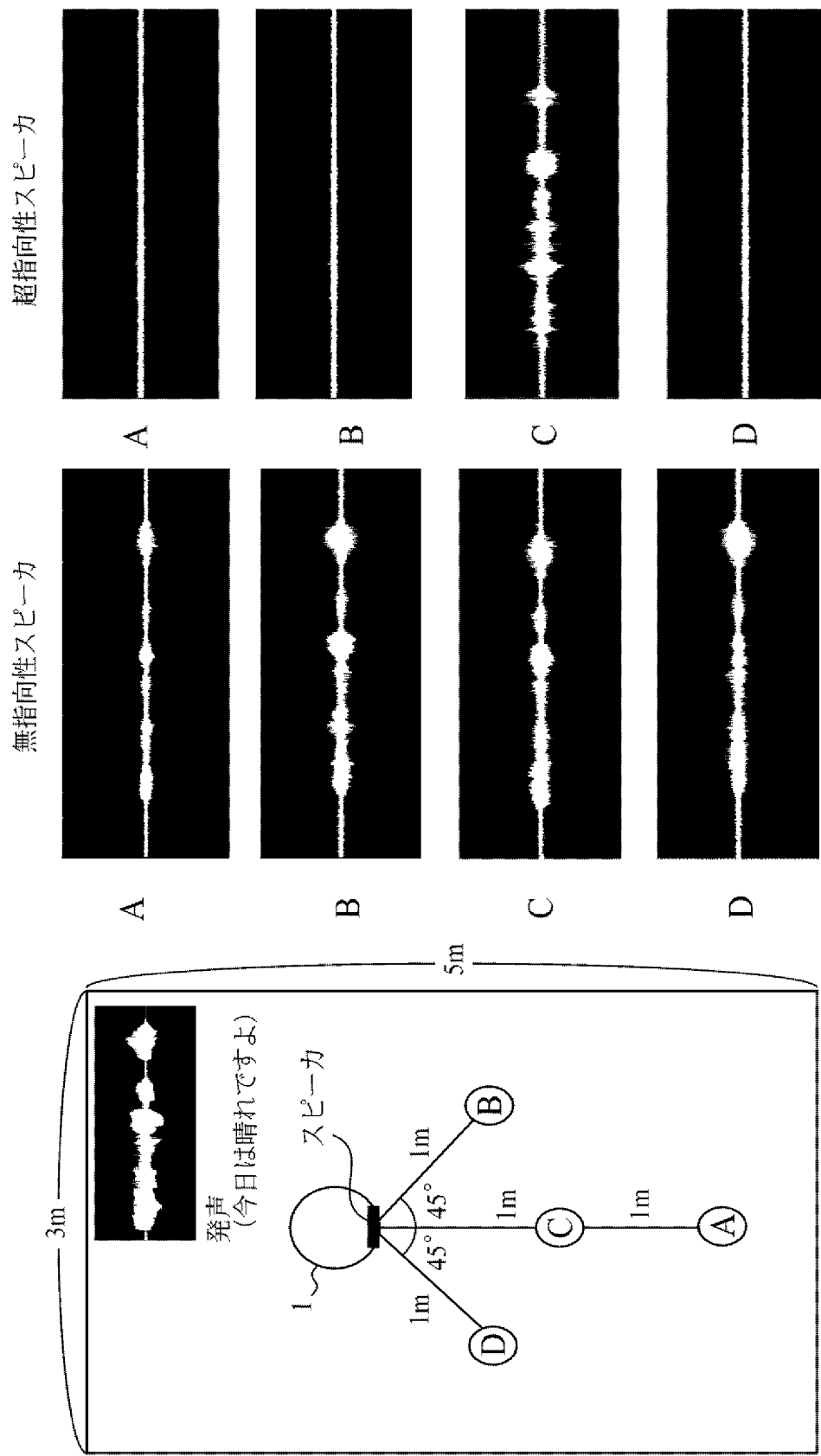




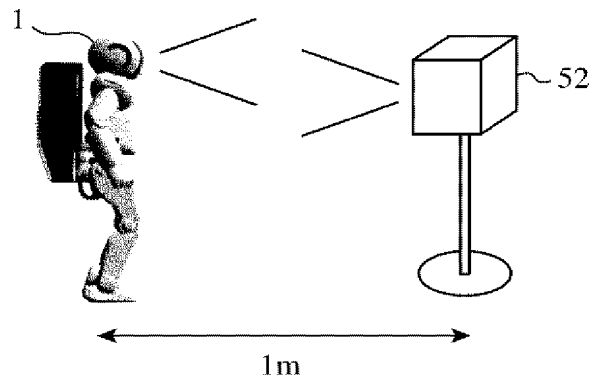
[図8]



[図9]



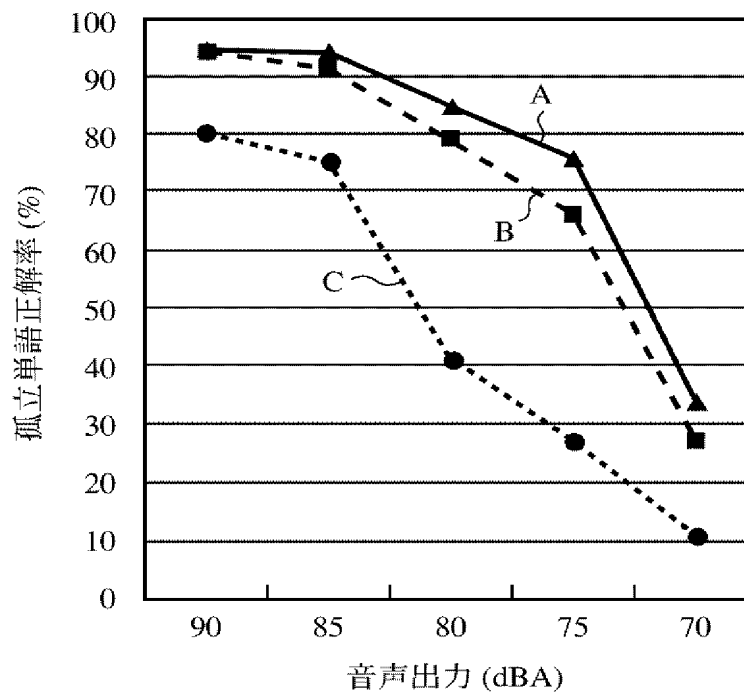
[図10]



[図11]

ロボット側スピーカ	ロボットのマイク位置	音源用スピーカの位置
無指向性スピーカ	70dBA	62dBA
超指向性スピーカ (最大出力)	58dBA	70dBA
超指向性スピーカ (ゲイン制御)	56dBA	62dBA
ロボット電源オン	55dBA	51dBA
暗騒音	23dBA	23dBA

[図12]



PCT

紙面による写し(注意 提出用では有りません)

VIII-5-1	不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て(規則4.17(v)及び51の2.1(a)(v)) 氏名(姓名)	<b>本国際出願 に関し、</b>  <b>本田技研工業株式会社 は、本国際出願の請求項に記載された対象が以下のように開示されたことを申し立てる。</b>
VIII-5-1(i)	開示の種類:	刊行物
VIII-5-1(ii)	開示の日付:	2004年 12月 06日 (06.12.2004)
VIII-5-1(iii)	開示の名称:	
VIII-5-1(iv)	開示の場所:	
VIII-5-1(v)	本申立ては、次の指定国のためになされたものである。:	<b>すべての指定国</b>

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/002043

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> H04R3/00, 1/02, 1/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H04R3/00, 1/02, 1/32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-251583 A (Japan Science and Technology Agency), 09 September, 2003 (09.09.03), All pages; all drawings (Family: none)	1-3 4-8
Y A	JP 2003-340764 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 02 December, 2003 (02.12.03), All pages; all drawings (Family: none)	1-3 4-8
A	JP 2003-285286 A (NEC Corp.), 07 October, 2003 (07.10.03), All pages; all drawings (Family: none)	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 May, 2005 (09.05.05)

Date of mailing of the international search report

24 May, 2005 (24.05.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/002043

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	JP 2004-318026 A (Tomohito NAKAGAWA), 11 November, 2004 (11.11.04), All pages; all drawings (Family: none)	1-8
P, A	JP 2004-295059 A (Yukiya HARADA), 21 October, 2004 (21.10.04), All pages; all drawings (Family: none)	1-8
P, A	JP 2004-286805 A (Sony Corp.), 14 October, 2004 (14.10.04), All pages; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 11-258101 A (Honda Motor Co., Ltd.), 24 September, 1999 (24.09.99), All pages; all drawings (Family: none)	1-8

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H04R3/00, 1/02, 1/32

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H04R3/00, 1/02, 1/32

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 2003-251583 A (独立行政法人科学技術振興機構) 2003. 09. 09, 全 頁、全図 (ファミリーなし)	1-3 4-8
Y A	JP 2003-340764 A (松下電工株式会社) 2003. 12. 02, 全頁、全図 (フ ァミリーなし)	1-3 4-8
A	JP 2003-285286 A (日本電気株式会社) 2003. 10. 07, 全頁、全図 (フ ァミリーなし)	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09. 05. 2005

国際調査報告の発送日

24. 5. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

志摩 兆一郎

電話番号 03-3581-1101 内線 3538

5Z

8733

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, A	JP 2004-318026 A (中川 智仁) 2004. 11. 11, 全頁、全図 (ファミリーなし)	1-8
P, A	JP 2004-295059 A (原田 幸哉) 2004. 10. 21, 全頁、全図 (ファミリーなし)	1-8
P, A	JP 2004-286805 A (ソニー株式会社) 2004. 10. 14, 全頁、全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 11-258101 A (本田技研工業株式会社) 1999. 09. 24, 全頁、全図 (ファミリーなし)	1-8